



## Dług tlenowy

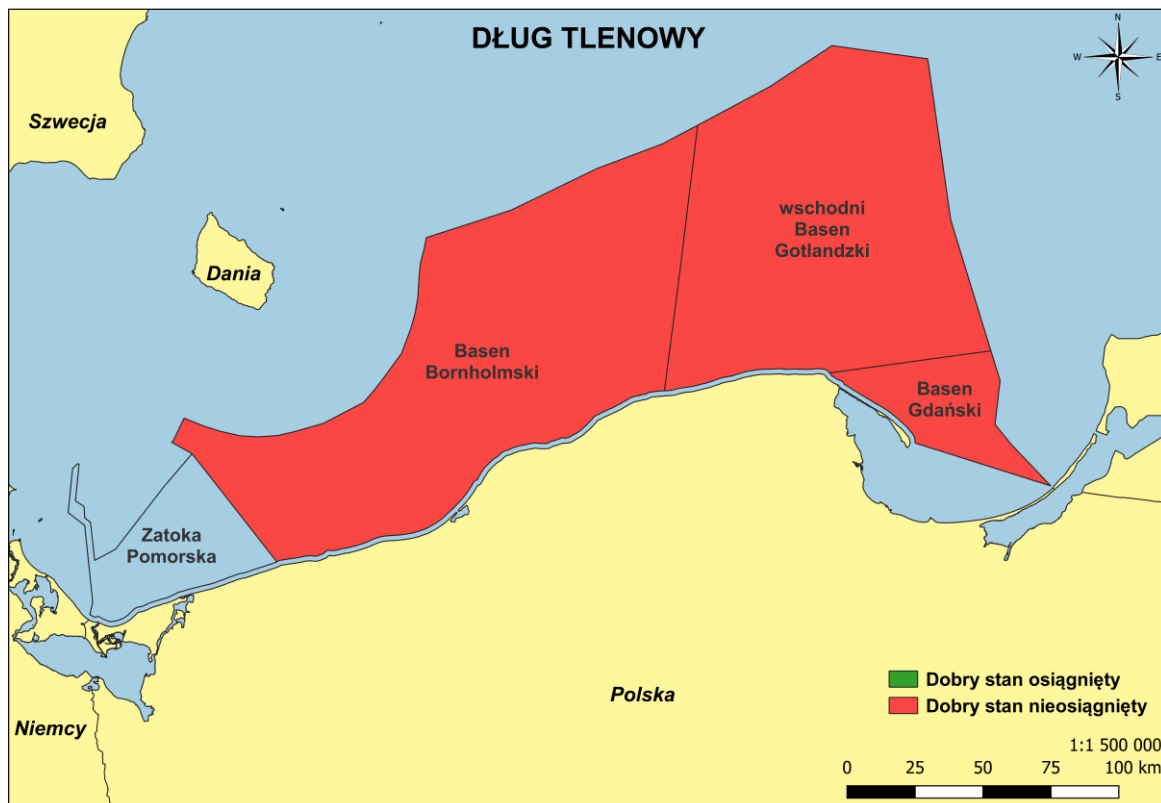
*Wskaźnik stanu i presji związanych z wprowadzeniem do środowiska substancji, odpadów i energii*

### Podsumowanie oceny

Wskaźnik 'Dług tlenowy' to wskaźnik podstawowy Komisji Helsińskiej (HELCOM), który określa średni niedobór tlenu poniżej halokliny, która stanowi barierę pomiędzy wodami powierzchniowymi i głębokimi. Wskaźnik odnosi się do kryterium D5C5 RDSM – „Stężenie rozpuszczonego tlenu nie zostało obniżone do poziomu, który wskazuje na negatywne skutki nadmiaru substancji biogenych dla siedlisk bentosowych (w tym powiązanych gatunków fauny i flory oraz gatunków mobilnych) lub inne skutki eutrofizacji” i oceniany jest w Bałtyku Właściwym obejmującym Basen Gdański, wschodni Basen Gotlandzki, zachodni Basen Gotlandzki, północny Bałtyk Właściwy oraz zachodnią Zatokę Fińską. Basen Bornholmski jest oceniany oddzielnie. W żadnym z ocenianych obszarów obejmujących polskie obszary morskie (POM) nie zaobserwowano wartości długu tlenowego, niższych od wartości progowej co wskazuje na stan poniżej dobrego we wszystkich obszarach oceny (Rysunek 1). Poziomy wskaźnika wahały się pomiędzy latami w okresie bieżącej oceny, osiągając nieznacznie większy poziom długu tlenowego w latach 2018 i 2020 i niższy w 2017 i 2019. Dług tlenowy jest bardziej nasilony w Bałtyku Właściwym niż w Basenie Bornholmskim.

Począwszy od pierwszych lat XX wieku dochodziło do powiększania się długu tlenowego poniżej halokliny we wszystkich ocenianych basenach. Począwszy od lat 90 - tych XX w. wzrost wartości wskaźnika był największy.

Wiarygodność oceny wskaźnika została określona jako wysoka we wszystkich ocenianych obszarach.



Rysunek 1. Ocena wskaźnika 'Dług tlenowy' w ramach kryterium D5C5 w obszarach otwartego morza w okresie 2016-2020

## Opis wskaźnika

### 1. Charakterystyka wskaźnika

Wskaźnik 'Dług tlenowy' to wskaźnik podstawowy HELCOM, który określa średni niedobór tlenu poniżej halokliny, która stanowi barierę pomiędzy wodami powierzchniowymi i głębokimi.

Wraz ze wzrostem stopnia eutrofizacji morza wzrasta depozycja materii organicznej w wodach przydennych co prowadzi do zwiększonego zużycia tlenu i w konsekwencji spadku jego stężenia w wodach przydennych.

Wyczerpanie zasobów tlenu w strefie przydennej jest jednym z typowych efektów eutrofizacji w obszarach wód przybrzeżnych i jest zjawiskiem globalnym (Diaz i Rosenberg 2008, HELCOM 2002). W obszarach głębokowodnych basenów i innych obszarach Morza Bałtyckiego, w których obserwuje się stratyfikację kolumny wody i ograniczoną wymianę wód, występowanie niskich stężeń tlenu lub nawet warunków anoksji jest naturalnym zjawiskiem, które jest jednakże nasilane przez dopływ substancji biogenicznych. Natlenienie tych obszarów zależy w znacznym stopniu od wlewów wód morskich z Morza Północnego (HELCOM 2017).

Wyczerpanie zasobów tlenu wynika z jego konsumpcji w procesach mikrobiologicznych związanych z rozkładem materii organicznej akumulowanej na dnie morza. W sytuacji, gdy zużycie tlenu przekracza jego dostarczanie w następstwie procesów fizycznych dochodzić może do hipoksji (niskich stężeń) lub nawet anoksji (brak tlenu) (Fennel i Testa 2019). Procesy te mogą mieć charakter epizodyczny, coroczny w okresie lata/jesieni lub trwałe (typowy dla obszarów głębokowodnych) (Carstensen i Conley 2019; Conley i in. 2007). Wyczerpanie zasobów tlenu ma wpływ na procesy biogeochemiczne. Okresy anoksji

powodują uwalnianie fosforu z osadów (Vahtera i in. 2007). Stężenie rozpuszczonego fosforu nieorganicznego (DIP) może się znacznie wahać pomiędzy latami ze względu na uwalnianie fosforu z osadów w okresach anoksji (Matthäus i in. 2008). W warunkach ograniczonych stężeń tlenu dochodzi również do wzbogacania wód w amoniak, który razem z DIP z wód przydennych może się przedostawać do wód powierzchniowych i wzmacniać wzrost fitoplanktonu i w konsekwencji produkcję materii organicznej. W związku z powyższym hipoksja może prowadzić do zmian w cyklach biogeochemicznych, co może wzmacniać proces eutrofizacji.

## 2. Odniesienie do prawodawstwa, planów działań i celów

Eutrofizacja jest jednym z czterech bloków tematycznych Bałtyckiego Planu Działania (HELCOM BSAP), którego nadrzędnym celem jest Morze Bałtyckie wolne od eutrofizacji (HELCOM 2021). Eutrofizacja w ramach HELCOM BSAP określana jest jako stan, w którym nadmierny dopływ biogenów do środowiska morskiego wpływa na wzmożony wzrost glonów co powoduje zakłócenie równowagi w funkcjonowaniu całego systemu Morza Bałtyckiego.

Podwyższone stężenia biogenów w kolumnie wody są spowodowane poprzez wzmożony dopływ ładunków biogenów z antropogenicznych źródeł z lądu i atmosfery. Cel dla eutrofizacji jest podzielony na 5 celów ekologicznych, z których jeden to „naturalne poziomy tlenu”.

Ramowa dyrektywa ws. strategii morskiej (RDSM) (Dyrektywa 2008/56/WE) wymaga, aby „do minimum ograniczyć eutrofizację wywołaną przez działalność człowieka, a w szczególności jej niekorzystne skutki, takie jak utrata różnorodności biologicznej, degradacja ekosystemu, szkodliwe zakwity glonów oraz niedobór tlenu w dolnych partiach wód”. Stężenie rozpuszczonego tlenu na dnie słupa wody jest jednym z elementów kryteriów oceny eutrofizacji w ramach kryterium D5C5.

Ramowa dyrektywa wodna (RDW) (Dyrektywa 2000/60/WE) wymaga dobrego stanu ekologicznego wód przybrzeżnych. Dobry stan ekologiczny jest określany zgodnie z RDW w oparciu o jakość elementów biologicznych, charakterystyki hydrologicznej i chemicznej, w tym stężeń tlenu rozpuszczonego.

Powiązanie wskaźnika z europejskimi aktami prawnymi przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Powiązania wskaźnika ‘Dług tlenowy’ z prawodawstwem UE

<b>Wymagania i rekomendacje legislacyjne</b>	
<p><b>Ramowa Dyrektywa w sprawie Strategii Morskiej (RDSM)</b> (Dyrektywa 2008/56/WE, Dyrektywa 2017/845)</p>	<p><b>Cecha D5</b> - Do minimum ogranicza się eutrofizację wywołaną przez działalność człowieka, a w szczególności jej niekorzystne skutki, takie jak utrata różnorodności biologicznej, degradacja ekosystemu, szkodliwe zakwity glonów oraz niedobór tlenu w dolnych partiach wód.</p> <p><b>Kryterium D5C5</b> - Stężenie rozpuszczonego tlenu nie zostało obniżone do poziomu, który wskazuje na negatywne skutki nadmiaru substancji biogenych dla siedlisk bentosowych (w tym powiązanych gatunków fauny i flory oraz gatunków mobilnych) lub inne skutki eutrofizacji.</p> <p>Wartości progowe są następujące:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) w odniesieniu do wód przybrzeżnych, wartości ustanowione zgodnie z dyrektywą 2000/60/WE;</li> <li>b) poza wodami przybrzeżnymi, wartości spójne z wartościami dla wód przybrzeżnych na podstawie dyrektywy 2000/60/WE. Państwa członkowskie ustanawiają te wartości w ramach współpracy regionalnej lub podregionalnej.</li> </ol> <p><b>Właściwość</b> - Eutrofizacja <b>Element kryterium</b> – Rozpuszczony tlen</p>

<b>Wymagania i rekomendacje legislacyjne</b>	
<b>Bałtycki Plan Działania (HELCOM BSAP)</b>	<p><b>Segment: Eutrofizacja</b></p> <p>Cel: "Morze Bałtyckie wolne od eutrofizacji".</p> <p>Cel ekologiczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturalne poziomy tlenu</li> <li>• "Stężenia biogenów zbliżone do poziomów naturalnych";</li> <li>• "Czyste wody";</li> <li>• "Naturalny poziom zakwitów glonów";</li> <li>• "Naturalne rozmieszczenie i występowanie roślin i zwierząt".</li> </ul> <p>Cel zarządzania:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Minimalizacja wprowadzania biogenów z działalności człowieka".</li> </ul> <p>Osiągnięcie regionalnych celów w zakresie wprowadzania składników pokarmowych - Maksymalne Dopuszczalne Dopływy (MAI) i Pułapy Dopływu Biogenów (NIC) - dla wszystkich basenów, jak określono w niniejszym BSAP, jest kluczowym warunkiem wstępnym dla osiągnięcia celów ekologicznych.</p>
<b>Ramowa Dyrektywa Wodna</b> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 25 czerwca 2021 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 1475)	Tlen rozpuszczony jest jednym ze wskaźników charakteryzujących warunki biogenne (substancje biogenne)
<b>Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ</b>	<p>Cele zrównoważonego Rozwoju ONZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cel 14 Zrównoważonego Rozwoju ONZ (Chronić oceany, morza i zasoby morskie oraz wykorzystywać je w sposób zrównoważony) jest najbardziej istotny;</li> <li>• Cel 12 (Zapewnić wzorce zrównoważonej konsumpcji i produkcji);</li> <li>• Cel 13 (Podjąć pilne działania w celu przeciwdziałania zmianom klimatu i ich skutkom) również mają znaczenie.</li> </ul>

### 3. Powiązanie z presjami

Wyczerpanie zasobów tlenu jest pośrednim skutkiem eutrofizacji, który można pośrednio powiązać z presjami antropogenicznymi takimi jak dopływ substancji biogenych do morza prowadzący do wzrostu sedymentacji materii organicznej.

Źródła rozproszone stanowią blisko 50% dopływu azotu całkowitego i 56% fosforu całkowitego do Morza Bałtyckiego (HELCOM 2022a). W przypadku azotu całkowitego drugim największym źródłem jest depozycja atmosferyczna (24%), a następnie dopływy naturalne (20%) i źródła punktowe (9%). W przypadku fosforu całkowitego to dopływ naturalny stanowi drugie największe źródło dopływu do Bałtyku (20%), następnie źródła punktowe (17%) i depozycja atmosferyczna (7%). Do źródeł punktowych zalicza się działalności takie jak miejskie oczyszczalnie ścieków, oczyszczalnie przemysłowe i rolnicze. Na źródła rozproszone składają się głównie rolnictwo, gospodarka leśna, rozproszone budynki mieszkalne, czy kanalizacja burzowa.

W rejonie Morza Bałtyckiego zaobserwowano znaczną redukcję dopływu biogenów. Całkowity znormalizowany dopływ azotu został zredukowany o 12%, a fosforu o 28% pomiędzy okresem referencyjnym (1997-2003), a rokiem 2020 (HELCOM 2023).

Progi maksymalnego dopuszczalnego dopływu (MAI) azotu i fosforu zostały wypełnione w przypadku obszarów Zatoki Botnickiej, Morza Botnickiego, Cieśnin Duńskich oraz Kattegat.

Tabela 2. Powiązania wskaźnika 'Dług tlenowy' z typami działalności człowieka oraz presjami z tabel 2a z Załącznika III do Dyrektywa 2017/845.

<b>Presje antropogeniczne: RDSM, Załącznik III, Tabela 2a</b>
- Wprowadzanie substancji biogennych – źródła rozproszone, źródła punktowe, depozycja atmosferyczna;
- Wprowadzanie materii organicznej – źródła rozproszone i źródła punktowe

#### 4. Powiązanie ze zmianą klimatu

Wpływ zamiany klimatu na stężenia tlenu w obszarach głębokowodnych Morza Bałtyckiego zachodzi poprzez zmiany w transporcie w transporcie wód głębinowych oraz mieszania i stratyfikacji wód. Pomimo iż w skali stulecia nie obserwuje się istotnych statystycznie trendów w stratyfikacji wód i wlewach wód do Morza Bałtyckiego (Meier i in. 2019), wzrost temperatury wód powierzchniowych spowodował najprawdopodobniej wzmocnienie pionowej stratyfikacji w kolumnie wody (Kniebusch i in. 2019). Zmienność między letnia oraz w dziesięcioletnia stężeń tlenu obszarów głębokowodnych Morza Bałtyckiego może być spowodowana zmianami w transporcie i stratyfikacji tlenu (Carstensen i in. 2014; Meier i in. 2019). Przykładowo obserwowane w latach 1982-2016 nasilenie się stratyfikacji pionowej w większości obszaru Morza Bałtyckiego może być jedną z przyczyn gwałtownego wzrostu długu tlenowego od początku lat 90 (Liblik i Lips 2019). Ostatnio obliczone wskaźniki zużycia tlenu są wyższe niż obserwowane wcześniej (Meier i in. 2018), a prognozowane ocieplenie może zwiększyć ubytek tlenu w Morzu Bałtyckim poprzez ograniczenie transportu tlenu na granicy powietrze-morze, jak również transport pionowy tlenu (HELCOM i Baltic Earth 2021).

#### Ocena stanu środowiska wód morskich

Wskaźnik podstawowy 'Dług tlenowy' jest stosowany w rejonie Bałtyku Właściwego obejmującym Basen Gdański, wschodni Basen Gotlandzki, zachodni Basen Gotlandzki, północny Bałtyk Właściwy oraz zachodnią Zatokę Fińską. Basen Bornholmski jest oceniany oddzielnie. W przypadku żadnego z ocenianych basenów wskaźnik nie osiągnął wartości poniżej wartości progowej wskazującej na dobry stan środowiska morskiego, w związku z czym również w POM w żadnym z ocenianych basenów, w przypadku których wskaźnik jest możliwy do zastosowania wskaźnik nie osiągnął dobrego stanu (Tabela 3).

Poziomy wskaźnika wahały się pomiędzy latami w okresie bieżącej oceny, osiągając nieznacznie większy poziom długu tlenowego w latach 2018 i 2020 i niższy w 2017 i 2019. Dług tlenowy jest bardziej nasilony w Bałtyku Właściwym niż w Basenie Bornholmskim.

Tabela 3. Wartości progowe, bieżące wartości (jako średnia z lat 2016-2020), wyskalowane wartości znormalizowane (EQRS) oraz stan wskaźnika 'Dług tlenowy' w basenach otwartego morza w POM. EQRS jest ilościową wartością opisującą stopień eutrofizacji, określaną wyliczaną jako z stosunek wartości progowej do wartości bieżącej wskaźnika –wartości EQRS < 0,6 wskazują, iż wartości progowe nie zostały osiągnięte

Obszar oceny	Wartość progowa (mg l <sup>-1</sup> )	Wartość średnia 2016-2020 (mg l <sup>-1</sup> )	Wartość wyskalowana EQRS	Stan
Basen Bornholmski	6,37	8,43	0,37	nieosiągnięty
wschodni Basen Gotlandzki	8,66	13,29	0,27	nieosiągnięty
Basen Gdański	8,66	13,29	0,27	nieosiągnięty

## Trend w ocenie

### Trendy długoterminowe

Dług tlenowy poniżej halokliny wzrastał we wszystkich basenach od początku XX wieku. W każdym z obszarów oceny zaobserwowano występowanie istotnego trendu pogarszających się warunków w tym okresie. Wyniki prostej regresji liniowej wskazują na wzrost długu tlenowego na poziomie  $0,37 \text{ mg l}^{-1}$  na 10 lat w rejonie Bałtyku Właściwego oraz  $0,30 \text{ mg l}^{-1}$  w rejonie Basenu Bornholmskiego. Porównując trendy począwszy od 1900 roku i porównując je z trendami długoterminowymi, dziesięcioletnie tempo zmian wzrosło poczwórnice w Bałtyku Właściwym i podwójnie w Basenie Bornholmskim. Szacowany wzrost długu tlenowego pomiędzy rokiem 2020 a 1900 wynosi  $1,49 \text{ mg l}^{-1}$  na dekadę w Bałtyku Właściwym i  $0,66 \text{ mg l}^{-1}$  na dekadę w Basenie Bornholmskim. W wodach Basenu Bornholmskiego obserwowana jest większa zmienność międzyletnia, co spowodowane jest większą zmiennością stężeń tlenu spowodowanych zachodzącymi naturalnie procesami przepływu wód. Jednakże zmienność międzyletnia była też znaczna w Bałtyku Właściwym w ostatnich 10 latach, kiedy to krocząca średnia 5 letnia wskazuje na istotny wzrost długu tlenowego.

### Porównanie okresów oceny

Wartość wskaźnika 'Dług tlenowy' w rejonie Bałtyku Właściwego jest w okresie 2016-2020 o  $2,61 \text{ mg l}^{-1}$  gorsza niż w okresie 2011-2016 (Tabela 4). Wyniki wskaźnika w Basenie Bornholmskim znajdowały się na zbliżonym poziomie w obu okresach oceny. Na uwagę zasługuje zanotowanie wyższych wartości wskaźnika w latach 2018 oraz 2020 w obu obszarach oceny.

Występują różnice w wartościach wskaźnika w rejonie Bałtyku Właściwego wyliczonych dla 2016 roku w ocenie HOLAS II i HOLAS 3. Różnice wynikają z włączenia w HOLAS 3 dodatkowych danych, które pojawiły się już po ocenie HOLAS II.

Tabela 4. Porównanie ocen wskaźnika 'Dług tlenowy' w latach 2011-2016 i 2016-2020 (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar oceny	Dobry stan osiągnięty/nieosiągnięty – HOLAS II	Dobry stan osiągnięty/nieosiągnięty – HOLAS 3	Zauważalny trend pomiędzy okresami oceny	Opis wyników
Basen Bornholmski	nieosiągnięty	nieosiągnięty	Brak trendu	W ramach bieżącej oceny GES nie został osiągnięty
Bałtyk Właściwy*	nieosiągnięty	nieosiągnięty	Zauważalny trend w kierunku pogorszenia warunków	W ramach bieżącej oceny GES nie został osiągnięty. Wyliczona wartość wskaźnika jest daleka od wartości progowej

\* w POM obejmuje Basen Gdański i wschodni Basen Gotlandzki

### Wiarygodność oceny

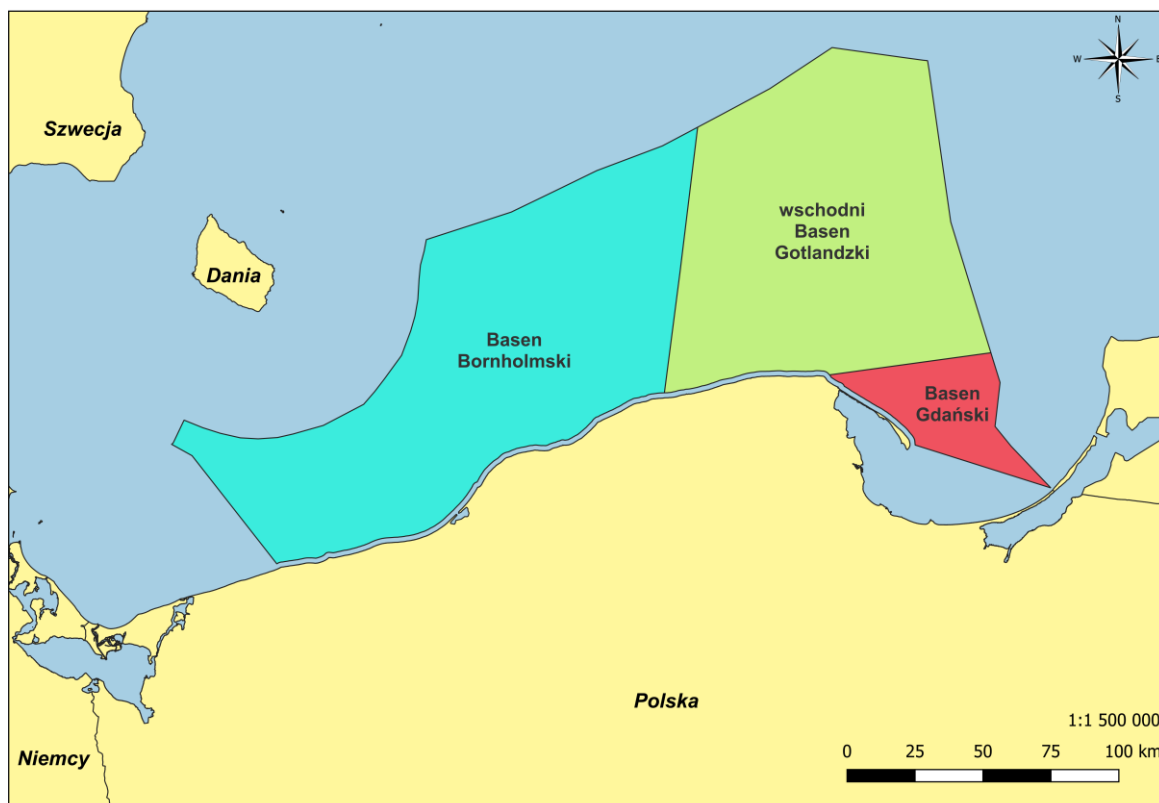
Wiarygodność oceny wskaźnika bazuje jedynie na precyzji protokołu określania wartości progowej. Wiarygodność precyzji była wysoka we wszystkich obszarach oceny wskaźnika. Szersze informacje dotyczące określenia wiarygodności wskaźnika opisano w Andersen i in. (2010) oraz Fleming-Lehtinen i in. (2015).

## Metodyka przeprowadzenia oceny

### 1. Obszary oceny

Wyjściowymi jednostkami przestrzennymi oceny wskaźnika są obszary BALTSEM, na które składają się dwa obszary oceny: Bałtyk Właściwy obejmujący Basen Gdański, wschodni Basen Gotlandzki, zachodni Basen Gotlandzki, północny Bałtyk Właściwy oraz zachodnią Zatokę Fińską; Basen Bornholmski (włączając Zatokę Pomorską).

W POM ocena wskaźnika 'Dług tlenowy' została przeprowadzona na poziomie L4 podziału HELCOM (HELCOM 2013), jedynie w 3 akwenach otwartego morza bez oceny w Zatoce Pomorskiej (Rysunek 2).



Rysunek 2. Obszary oceny wskaźnika 'Dług tlenowy' w POM

### 2. Opis przeprowadzenia oceny

Dług tlenowy jest określany jako brakująca ilość tlenu w stosunku do w pełni natlenionej kolumny wody. Stosując dług tlenowy zamiast rzeczywistego stężenia tlenu, wyklucza się zmiany spowodowane wpływem temperatury na rozpuszczalność tlenu.

Optymalnie dostępne powinny być dane na temat stężenia tlenu z całej kolumny wody, które jednak często nie są dostępne zwłaszcza w przypadku starszych danych. W związku z powyższym dokonano wyliczenia profili tlenowych z profili zasolenia z wykorzystaniem modelowania. Profile zasolenia zazwyczaj mają wyższą rozdzielczość pionową niż profile stężeń tlenu.

W celu wyliczenia wartości wskaźnika dla objętości wody morskiej, wykorzystywane są informacje o znacznych wlewach do Morza Bałtyckiego oraz dopływach azotu z rzek do basenów. Szczegółowe informacje dotyczące metodyki oceny zawarto w opracowaniu (BSEP 133) oraz R skryptach (<https://github.com/ices-tools-prod/HEAT/tree/master/OxygenDebt>).



### 3. Wartości progowe

Ocena stanu wskaźnika przeprowadzana jest w odniesieniu do wartości progowej.

Stan jest określany w odniesieniu do opracowanych w ramach prac naukowych oraz uzgodnionych wartości progowych, które określają poziom długu tlenowego, który nie może zostać przekroczony (Tabela 5).

Wartości progowe zostały opracowane w ramach projektu TARGREV (HELCOM 2013a), jak również prac prowadzonych w ramach projektu EUTRO PRO (HELCOM 2009) oraz w ramach prac prowadzonych w poszczególnych krajach w ramach RDW. Ostateczne wartości progowe zostały określone z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej na spotkaniach dotyczących opracowania wskaźników eutrofizacji (HELCOM CORE EUTRO) i ostatecznie zaakceptowane na naradzie HELCOM Heads of Delegations 39/2012.

Wartości progowe dla wskaźnika 'Dług tlenowy' zostały określone na podstawie wartości z 95 percentyla z okresu przed 1940 rokiem, tj. sprzed okresu eutrofizacyjnego. Rok 1940 został wytypowany na podstawie analizy zmienności zmiany przeprowadzonej dla wszystkich basenów.

Tabela 5. Wartości progowe dla wskaźnika 'Dług tlenowy'

Nazwa obszaru	Wartość progowa [mg l <sup>-1</sup> ]
Basen Bornholmski	6,37
Basen Gdański	8,66
wschodni Basen Gotlandzki	

### 4. Metodyka określenia wiarygodności oceny

Wiarygodność oceny wskaźnika bazuje jedynie na precyzji protokołu określania wartości progowej. Szersze informacje dotyczące określenia wiarygodności wskaźnika opisano w Andersen i in. (2010) oraz Fleming-Lehtinen i in. (2015).

### 5. Źródła danych

Wartości średnie za lata 2016-2020 zostały wyliczone w oparciu o dane monitoringowe krajów członkowskich HELCOM i przechowywane w bazie ICES. Nominowanie eksperci grupy HELCOM State&Conservation dokonali przeglądu danych i ich weryfikacji.

Dane dotyczące wlewow wód słonych do Bałtyku pochodzą z IOW. Dane dotyczące dopływu azotu pochodzą z raportu wskaźnikowego HELCOM (HELCOM 2022b).

Link do danych HOLAS 3:

<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/e948960d-3803-45de-ad79-c23ad7f296a5>

### 6. Link do wskaźnika regionalnego HELCOM

<https://indicators.helcom.fi/indicator/oxygen-debt/>

### Autorzy

Na podstawie raportu wskaźnika regionalnego:

Wojciech Kraśniewski, Michał Iwaniak - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy



## Literatura

Bałtycki Plan Działania (HELCOM BSAP) <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>

Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ <http://www.un.org.pl/>

DYREKTYWA 2000/60/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej

DYREKTYWA KOMISJI (UE) 2017/845 z dnia 17 maja 2017 r. zmieniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/56/WE w odniesieniu do przykładowych wykazów elementów branż pod uwagę przy opracowaniu strategii morskich.

DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2008/56/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. ustanawiająca ramy działań Wspólnoty w dziedzinie polityki środowiska morskiego (dyrektywa ramowa w sprawie strategii morskiej)

Diaz R.J., Rosenberg R., 2008. "Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems." *Science* 321 (5891): 926–29. <https://doi.org/10.1126/science.1156401>

Andersen J.H., Murray C., Kaartokallio H., Axe P., Molvær J., 2010. "A Simple 31 Method for Confidence Rating of Eutrophication Status Classifications." *Marine Pollution Bulletin* 60: 919–32. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X10001104>

Carstensen J., Andersen J.H., Gustafsson B.G., Conley D.J., 2014. "Deoxygenation of the Baltic Sea during the Last Century." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (15): 5628–33. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3992700&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

Carstensen J., Conley D.J., 2019. "Baltic Sea Hypoxia Takes Many Shapes and Sizes." *Limnology and Oceanography Bulletin* 28 (4): 125–29. <https://doi.org/10.1002/lob.10350>

Conley D.J., Carstensen J., Ærtebjerg G., Christensen P.B., Dalsgaard T., Hansen J.L.S., Josefson A.B., 2007. "LONG-TERM CHANGES AND IMPACTS OF HYPOXIA IN DANISH COASTAL WATERS." *Ecological Applications* 17 (sp5): S165–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/05-0766.1>

Fleming-Lehtinen V., Andersen J.H., Carstensen J., Łysiak-Pastuszek E., Murray C., Pyhälä M., Laamanen M., 2015. "Recent Developments in Assessment Methodology Reveal That 14 the Baltic Sea Eutrophication Problem Is Expanding." *Ecological Indicators* 48: 380–88

Fennel K., Testa J.M., 2019, "Biogeochemical Controls on Coastal Hypoxia." *Annual Review of Marine Science* 11 (1): 105–30. <https://doi.org/10.1146/annurevmarine-010318-095138>

HELCOM, 2002. "Environment of the Baltic Sea Area 1994-1998." *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 82B, 215

HELCOM, 2009. Eutrophication in the Baltic Sea. An integrated thematic assessment of eutrophication in the Baltic Sea region. *Baltic Sea Environmental Proceedings* No. 115B. Helsinki Commission, p. 148

HELCOM, 2013. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/02/Monitoring-and-assessment-strategy.pdf>

HELCOM, 2013a, Approaches and methods for eutrophication target setting in the Baltic Sea region. Balt. Sea Environ. Proc. No. 133

HELCOM, 2017. First version of the 'State of the Baltic Sea' report – June 2017 – to be updated in 2018. Available at: <http://stateofthebalticsea.helcom.fi>

HELCOM, 2022a. " Assessment of sources of nutrient inputs to the Baltic Sea in 2017." <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2022/12/PLC-7-Assessment-of-sources-of-nutrient-inputs-to-the-Baltic-Sea-in-2017.pdf>

HELCOM, 2022b. "Inputs of Nutrients to the Sub-Basins (2019). HELCOM Core Indicator Report. Online." 2022. 26 <https://doi.org/ISSN 2343-2543>

HELCOM i Baltic Earth, 2021. "Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings N°180." <https://doi.org/ISSN: 0357-2994>

Kniebusch M., Markus Meier H.E., Neumann T., Börgel F., 2019. "Temperature Variability of the Baltic Sea Since 1850 and Attribution to Atmospheric Forcing Variables." Journal of Geophysical Research: Oceans 124 (6): 4168–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2018JC013948>

Liblik T., Lips U., 2019. "Stratification Has Strengthened in the Baltic Sea – An Analysis of 35 Years of Observational Data." Front.Earth.Sci. 7:174. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00174>

Matthäus W., Nehring D., Feistel R., Nausch G., Mohrholz V., Lass H.U., Feiste R., Nausch G., Wasmund N., 2008. "The Inflow of Highly Saline Water into the Baltic Sea." W State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005, 265–309. Wiley

Meier H.E.M., Eilola K., Almroth-Rosell E., Schimanke S., Kniebusch M., Höglund A., Pemberton P., Liu Y., Väli G, Saraiva S., 2019. "Disentangling the Impact of Nutrient Load and Climate Changes on Baltic Sea Hypoxia and Eutrophication since 1850." Climate Dynamics 53 (1): 1145–66. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4296-y>

Mohrholz V., 2018. "Baltic Saline Barotropic Inflows (SBI) 1887 - 2018." Leibniz Institute for Baltic Sea 6 Research (IOW). <http://doi.io-warnemuende.de/10.12754/data-2018-0004>

RM z 13.08.2021 (Dz.U. z 2021 r. poz. 1475) - ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych

Vahtera, E., Conley D.J., Gustafsson B.G., Kuosa H., Pitkänen H., Savchuk O.P., Tamminen T., i in., 2007. "Internal Ecosystem Feedbacks Enhance Nitrogen Fixing Cyanobacteria Blooms and Complicate Management in the Baltic Sea." Ambio 36: 186–94. [http://www.mare.su.se/dokument/evaluation/ecology/vahtera et al \(2007 in press\).pdf](http://www.mare.su.se/dokument/evaluation/ecology/vahtera%20et%20al%20(2007%20in%20press).pdf)



Sfinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej